

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 39 38 007 C 2

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
H 02 K 15/03

21 Aktenzeichen: P 39 38 007.6-32  
22 Anmeldetag: 15. 11. 89  
43 Offenlegungstag: 23. 8. 90  
46 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 18. 7. 91

DE 39 38 007 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

30 Unionspriorität: 32 33 31  
06.02.89 US 306687

73 Patentinhaber:  
Franklin Electric Co., Inc., Bluffton, Ind., US

74 Vertreter:  
Popp, E., Dipl.-Ing.Dipl.-Wirtsch.-Ing.Dr.rer.pol.;  
Sajda, W., Dipl.-Phys.; Reinländer, C., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing.; Bohnenberger, J., Dipl.-Ing.Dr.phil.nat.,  
8000 München; Bolte, E., Dipl.-Ing.; Möller, F.,  
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 2800 Bremen

72 Erfinder:  
Schaefer, Edward John, Bluffton, Ind., US

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
US 47 77 717  
US 47 59 116  
US 47 42 259

54 Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines Permanentmagnetläufers für einen Elektromotor

DE 39 38 007 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Permanentmagnetläufers für einen Elektromotor nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Bei einer Art von rotierenden elektrischen Maschinen, insbesondere bei Elektromotoren, ist ein Permanentmagnetläufer vorgesehen, der drehbar in einem zylindrischen Ständer angeordnet ist. Im Ständer wird ein Drehfeld erzeugt, welches den Läufer dreht. Typischerweise umfaßt der Läufer eine gewisse Anzahl von Permanentmagnetsegmenten, die an einem Eisenkern, z. B. einem Lamellenstapel, befestigt sind. Ein solcher Läufer ist aus der US-PS 47 42 259 bekannt.

Ein Problem bei derartigen Läufern betrifft die Befestigung der Magnetsegmente am Kern. Die Segmente müssen ortsfest gesichert sein, da bei Drehung mit hoher Drehzahl die Zentrifugalkräfte sie abziehen wollen und die Massenträgheits- und Drehkräfte auf die Segmente eine Kraft in Umfangsrichtung erzeugen.

Es wurden schon verschiedene Anordnungen vorgeschlagen, um die Segmente ortsfest zu halten. Klebstoffe wurden schon benutzt, jedoch führte dies nicht zu befriedigenden Ergebnissen, da die Teile sich bei Temperaturschwankungen ausdehnen und zusammenziehen. Im Falle von flüssigkeitsgefüllten Motoren gibt es keine Klebstoffe, die über eine hinreichend lange Zeitdauer in feuchter Umgebung beständig bleiben. Verschiedene Arten von Teilen und Befestigungseinrichtungen wurden verwendet, jedoch führen diese alle zu komplexen und teureren Strukturen.

Es wurde auch vorgeschlagen, einen Überzug oder eine Hülse auf die Außenseite der Segmente aufzubringen. Überzüge aus synthetischem Material wurden hierbei verwendet, jedoch glaubt man von diesen nicht, daß sie so stark oder so flüssigkeitsresistent (bei flüssigkeitsgefüllten Motoren) wie Metall sind. Eine Metallhülse bzw. ein Zylinder über den Segmenten, wie er aus der vorgenannten US-PS 47 42 259 bekannt ist, soll sehr dünn sein, da diese Hülse im Luftspalt zwischen dem Läufer und dem Ständer liegt und das Feld im Luftspalt nicht wesentlich stören soll. Bei wassergefüllten Tauchmotoren wird ein Zylinder aus dünnem rostfreiem Stahl bevorzugt.

Bei einem Läufer, der eine dünne Metallhülse (Zylinder) wie oben beschrieben über den Segmenten aufweist, soll der Zylinder eine Restspannung aufweisen, so daß er eine starke Haltekraft auf alle Segmente ausübt. Ein Problem hierbei rührt aus den Eigenschaften der momentan erhältlichen Permanentmagnete mit hoher Koerzitivkraft her. Die Magnete werden aus einem keramischen Material gegossen, das sehr hart ist. Der Gießprozeß führt zu Schwankungen in der Radialdicke der Segmente. Um nun sicherzustellen, daß der äußere Zylinder mit allen Magnetsegmenten in Eingriff gelangt und diese hält, könnte man die Segmente auf exakte Dickenwerte schleifen. Dies ist allerdings wieder ein sehr teurer Prozeß.

Bei einem bekannten Verfahren wird ein Metallzylinder über die Segmente montiert, indem man den Innendurchmesser des Zylinders anfangs geringfügig kleiner als den Außendurchmesser der Magnetsegmente macht. Der Zylinder wird aufgewärmt, um ihn aufzuweiten und dann über die Segmente geschoben und abgekühlt, so daß er über die Segmente aufgeschrumpft wird. Dieses Verfahren führt zu der gewünschten Restspannung im Zylinder, ist aber ein relativ schwieriger Vorgang.

Aus der US-PS 47 59 116 ist eine Anordnung bekannt, bei der ein Flüssigkeitsdruck von innen auf den Zylinder aufgebracht wird, um ihn aufzuweiten. Daraufhin werden ein Metallkern und Magnetsegmente auf dem Kern in den aufgeweiteten Zylinder eingebracht. Wenn der Innendruck entfernt wird, so zieht sich der Zylinder zusammen und greift die Segmente. Diese Anordnung setzt allerdings eine sehr komplexe abgedichtete Anordnung mit einer Kammer voraus.

Aus der US-PS 47 77 717 ist ein Verfahren zum Montieren von Magnetsegmenten in einem zylindrischen Joch eines Motors bekannt. Das Joch wird zunächst durch interne Expanderelemente plastisch verformt, woraufhin die Elemente entfernt werden. Die Magnetsegmente werden dann anstelle dieser Elemente eingesetzt. Bei Verwendung dieses Verfahrens ist keine Restspannung vorhanden. Darüber hinaus wird ein Prozeß mit zwei Schritten vorausgesetzt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das eingangs genannte Verfahren, bei welchem ein Zylinder mit Magnetsegmenten eines Läufers verbunden wird, dahingehend weiterzubilden, daß auf einfache Weise eine hinreichend große Restspannung im Zylinder erhalten wird.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen. Es folgt eine Beschreibung von Ausführungsbeispielen, die anhand von Abbildungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen:

Fig. 1 bis 6 Darstellungen zur Erläuterung von Zusammenbauabschritten in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 7 eine perspektivische Darstellung eines zusammengebauten Läufers;

Fig. 8 bis 10 Darstellungen alternativer Motorkonstruktionen,

Fig. 11 und 12 eine weitere Ausführungsform der Erfindung, und

Fig. 13 und 14 wieder eine weitere Ausführungsform der Erfindung.

Gemäß den Fig. 1 bis 7 umfaßt ein Läufer, der in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung gefertigt ist, eine Läuferwelle 10, die einen Läuferkern 11 hält. Mehrere bogenförmige Permanentmagnetsegmente 12 sind auf dem Außenumfang des Kerns 11 montiert. Über der äußeren (Umfangs-)Fläche der Segmente 12 ist ein dünnwandiger rohrförmiger Metallzylinder 13 montiert, der an beiden äußeren Enden des Läufers einen Endabschnitt 14 aufweist, der radial nach innen gekrümmt ist und die axial äußeren Enden der Magnetsegmente 12 überdeckt.

Die Läuferwelle 10 ist normalerweise aus Stahl gefertigt und so ausgebildet, daß sie drehbar über Lager (nicht gezeigt) in einem herkömmlichen Motorständer (ebenfalls nicht gezeigt) gelagert werden kann. Der Kern 11 ist im vorliegenden Fall aus einem Stapel von scheibenförmigen Metall-Lamellen 16 gefertigt, die aus magnetisierbarem Material bestehen. Der Stapel ist am Außenumfang der Welle 10 befestigt, was durch Bildung einer engen Preßpassung zwischen dem Innenumfang der Lamellen 16 und dem Außenumfang der Welle 10 geschehen kann. Bei Motoren mit größerer Leistung können die Lamellen auf der Welle aufgekeilt werden. Anstatt den Kern 11 aus Lamellen (wie beschrieben) auszubilden, kann er auch aus einem massiven Zylinder bestehen, der aus magnetisierbarem Material gefertigt und auf der Welle 10 befestigt ist. Weiterhin ist es auch

möglich, die Welle 10 mit dem Kern zusammen auszuformen.

Die Permanentmagnetsegmente 12 können aus einem herkömmlichen Material gefertigt und in der in Fig. 6 gezeigten Bogenform gegossen sein. Vorzugsweise werden die Segmente 12 so wie gegossen verwendet, ohne sie weiter zu bearbeiten, da sie meistens aus keramischem Material bestehen, das extrem schwierig zu bearbeiten ist. Hierbei ist es wünschenswert, sie so zu gießen, daß sie ziemlich genau in Toleranzbereichen liegen, so daß man sie nicht hinterher über teure Bearbeitungsschritte feinbearbeiten muß. Mit Toleranzen in der Größenordnung von  $\pm 0,05$  bis  $0,127$  mm in radialer Richtung variiert im zusammengebauten Zustand des Kerns der Durchmesser der Einzelteile der Segmente, die  $180^\circ$  auseinanderliegen, um einen Betrag, welcher der Wandstärke des Stahlzylinders 13 vergleichbar ist, der über ihnen mit einer Restspannung anzubringen ist.

Der äußere Zylinder 13 besteht vorzugsweise aus einem relativ dünnen rostfreien Stahlblech in Form eines Rohres. So zum Beispiel eignet sich rostfreier Stahl vom Typ 300 mit einer Dicke (für einen Motor mit niedriger Leistung) von  $0,127$  bis  $0,254$  mm. Einen solch dünnen Zylinder über eine Fläche mit Durchmesserschwankungen wie oben beschrieben zu pressen bzw. zu schieben, ist eine praktisch unmögliche Aufgabe.

Vor dem Zusammenbau mit dem Kern 11 und den Magnetsegmenten 12 bildet der Zylinder 13 ein gestrecktes Rohr, wobei die gesamte (über alles-) Länge des Zylinders entlang seiner Achse länger ist als die Axiallänge des Kerns 11 und der Magnetsegmente 12. Der normale Innendurchmesser des Zylinders ohne Spannung ist geringfügig kleiner als der Außendurchmesser der Magnetsegmente 12, wenn diese auf den Kern 11 montiert sind. Wenn somit der Zylinder 13 auf den Magnetsegmenten 12 sitzt, so besteht eine Restspannung im Zylinder 13. Zunächst erstrecken sich die Endabschnitte 14 des Zylinders 13 axial über beide Enden des Kerns 11 hinaus.

Der Läufer wird in Übereinstimmung mit dieser Erfindung so zusammengebaut, indem man zunächst die bogenförmigen Magnetsegmente 12 in Form eines rohrförmigen Zylinders zusammensetzt. Sechs bogenförmige Segmente 12 sind bei der hier gezeigten Ausführungsform vorgesehen. Ihre Längskanten sind vorzugsweise zur Radialrichtung geneigt, wenn diese Kanten nahe zueinander gebracht werden, wie dies in Fig. 1 gezeigt ist. Die Magnetanordnung weist einen Außendurchmesser auf, der geringfügig geringer als der Innendurchmesser des Zylinders 13 in seinem ungedehnten Zustand ist. Die Magnetanordnung wird dann, wie in Fig. 3 gezeigt, ins Innere des Zylinders 13 gebracht, wie dies in Fig. 3 gezeigt ist. Die Endabschnitte 14 bilden Überhänge, die über die Enden der Magnetanordnung ragen.

Wie in Fig. 3 gezeigt, werden ein Preßring 21 und ein Distanzstück 22 in den Zylinder 13 eingeführt und gegen die Endflächen der Segmente 12 positioniert. Der Innen- und der Außendurchmesser des Preßrings 21 und des Distanzstücks 22 sind im wesentlichen gleich denen der Magnetanordnung. Der Preßring 21 und das Distanzstück 22 füllen die Räume innerhalb der Überhänge der Endabschnitte 14. Der Preßring 21 umfaßt weiterhin einen sich radial nach außen erstreckenden Flansch 23, der über die Endkante des Zylinders 13 hinausragt.

Der Rotor wird zusammengebaut unter Verwendung eines zylindrischen Dorns 26, der einen gerade gestreckten Abschnitt 27 und einen zugespitzten Abschnitt 28

aufweist. Eine Schulter 29 trennt die beiden Abschnitte 27 und 28. Der gerade Abschnitt 27 weist einen geringeren Durchmesser als das angrenzende Ende des zugespitzten Abschnittes 28 auf. Der Durchmesser des geraden Abschnittes 27 ist weiterhin geringfügig kleiner als derjenige der Läuferwelle 10.

Die Lamellen 16 werden nun auf dem geraden Abschnitt 27 montiert und Enddeckel 31 werden an den Enden des Stapels angebracht. Bei dieser Ausführungsform sind die Enddeckel 31 dicker als die einzelnen Lamellen 16, weisen aber denselben Innen- und Außendurchmesser auf. Die Lamellen werden bis zur Schulter 29 geschoben und ein Spreizkern 32 (siehe Fig. 3 und 4) wird auf dem zugespitzten Abschnitt 28 positioniert. Der Abschnitt 28 und die Innenfläche des Kerns 32 weisen dieselbe Zuspitzung auf. Der Durchmesser des Kerns im ungedehnten Zustand ist geringfügig kleiner als derjenige der Öffnung in den Magnetsegmenten 12.

Der Kern 32 wird dann in der Öffnung der Magnetsegmente 12 positioniert und der Dorn 26 wird nach links relativ zum Kern 32 und den Segmenten 12 verschoben (siehe Fig. 3 und 4). Durch die angespitzte Form des Abschnittes 28 werden der Kern 32 und die Magnetsegmente 12 aufgespreizt, wodurch die Segmente 12 gegen den Zylinder 13 drücken und diesen strecken und ausdehnen. Die Teile sind so dimensioniert, daß dann, wenn der Kern 32 wie in Fig. 4 gezeigt, gegen den Lamellenstapel geschoben wird, der Innendurchmesser der Segmente 12 geringfügig größer als der Außendurchmesser der Lamellen 16 ist. Die Gesamtanordnung bestehend aus Dorn 26, Kern 32 und Lamellen 16 wird dann nach links relativ zu den Segmenten 12 verschoben, wie dies durch Pfeile in Fig. 4 bezeichnet ist. Der Preßring 21 steht natürlich mit einem Organ (nicht gezeigt) in Eingriff, welches die Segmente 12 und den Zylinder 13 gegenüber einer Bewegung nach links festhält. Nun werden der Kern 32 aus der von den Segmenten 12 geformten Öffnung heraus und gleichzeitig der Lamellenstapel in die Öffnung hinein bewegt. Wenn der Kern 32 ganz aus der Öffnung ausgetreten ist, so bewirkt die Spannung im gestreckten Zylinder 13, daß dieser zusammen mit den Segmenten 12 sich nach innen zusammenzieht. Die Segmente werden eng an die Außenfläche des Lamellenstapels gepreßt. Wenn der Kern 32 den Zylinder 13 aufdehnt, so liegt diese Dehnung nicht über der Elastizitätsgrenze des Zylinders und der Durchmesser des Zylinders im zusammengebauten Zustand ist größer als der normale bzw. unexpandierte Durchmesser. Demzufolge verbleibt eine Restspannung im Zylinder, welche die Segmente gegen den Kern 11 preßt.

Der Dorn 26 wird dann aus den Lamellen genommen und der Preßring 21 sowie der Distanzring 22 werden entfernt, wie dies in Fig. 5 gezeigt ist. Die Läuferwelle 10 (die einen geringfügig größeren Durchmesser als der Abschnitt 27 des Dorns aufweist), wird in die Lamellen gepreßt, wobei die Teile so dimensioniert sind, daß sie eine enge Preßpassung oder einen Reibszitz bilden.

Die Läuferanordnung wird dann gedreht und die Endabschnitte 14 des Zylinders werden radial nach innen gedreht oder gerollt. Bei dem Beispiel nach den Fig. 1 bis 6 sind die Endabschnitte 14 lang genug, daß sie die Enddeckel 31 überlappen. Dadurch schließen sie die Lamellen und die Magnetsegmente ein und schützen sie. Die Endabschnitte 14 verhindern weiterhin eine Axialverschiebung der Segmente 12.

Die Anordnung nach Fig. 8 ist ähnlich der nach den Fig. 1 bis 7 mit Ausnahme der Enddeckel. Beim Motor nach Fig. 8 werden die Enddeckel 33 auf beide Enden

der Rotorlamellen 34 gesetzt, nachdem Magnetsegmente 35 und der äußere Zylinder 36 mit den Lamellen zusammengebaut wurden. Die scheibenförmigen Enddeckel 33 erstrecken sich radial von der Läuferwelle 37 bis zur inneren Fläche des äußeren Zylinders 36. Die Endabschnitte des äußeren Zylinders werden nach innen gedreht und überlappen die Enddeckel, wie dies in Fig. 8 gezeigt ist. Im übrigen entsprechen die Konstruktion und das Zusammenbauverfahren des Läufers nach Fig. 8 denjenigen nach Fig. 1 bis 7.

Durch diese Konstruktion hält der gespannte Zylinder 13 die Magnetsegmente 12 auf dem Kern 11. Dieser Metallzylinder ist stark genug, um den Zentrifugalkräften bei Drehung des Läufers mit hoher Drehzahl zu widerstehen. Weiterhin klemmt die Restspannung im Zylinder 13 die Magnetsegmente 12 eng gegen die Außenumfangsfläche des Kerns 11. Diese Passung ist normalerweise eng genug, daß der Reibeingriff zwischen den Magnetsegmenten und den Lamellen des Kerns 11 verhindert, daß die Magnetsegmente 12 eine Winkelschiebung (in Umfangsrichtung) auf dem Kern 11 durchführen. Wenn jedoch die Möglichkeit besteht, daß die Magnetsegmente 12 sich um den Kern 11 drehen, so kann der Kern 11 mit Vorsprüngen in Winkelabständen versehen sein, wie dies mit den Vorsprüngen 21 nach Fig. 6 des US-Patentes 47 42 259 gezeigt ist. In Fig. 9 sind diese Vorsprünge mit der Bezugsziffer 38 versehen. Die Vorsprünge 38 sind in die Lamellen eingeformt und zwischen aneinandergrenzenden Kanten der Magnetsegmente 39 plaziert. Solche Vorsprünge 38 bilden Luftspalte zwischen aneinandergrenzenden Segmenten und dienen dazu, in Winkelrichtung (Drehrichtung) die Magnetsegmente 39 in korrekt beabstandeten Positionen auf dem Kern zu halten. Weiterhin verhindern die Vorsprünge, daß die Magnetsegmente 39 sich in Umfangsrichtung beim Laufen des Motors verschieben.

Anstelle von Vorsprüngen 38 können nicht-magnetische Streifen 41 (siehe Fig. 10) zwischen aneinandergrenzende Segmente eingeschoben werden, um diese voneinander zu trennen. Vorzugsweise weist mindestens ein Streifen 41 eine Radialbreite auf, die groß genug ist, um in einen axialen Schlitz oder eine Keilnut 43 zu inserieren, die am Außenumfang der Kernlamellen 44 vorgesehen ist, um so eine Bewegung der Segmente in Drehrichtung zu verhindern. Derartige Streifen 41 werden eingesetzt, nachdem die Segmente 42 und der äußere Zylinder 45 mit den Lamellen zusammengebaut sind, aber bevor die Enden des Zylinders 45 nach innen gebogen wurden.

Im folgenden wird ein Dimensionierungsbeispiel eines Läufers gemäß der vorliegenden Erfindung erläutert:

- 1) Zylinder 13, rostfreier Stahl: 0,127 mm dick;
- 2) Zylinder 13 gespannt nach dem Zusammenbau: Außendurchmesser 50,8 mm  
Zylinder 13 normaler Außendurchmesser vor dem Zusammenbau (als Halbzeug): 50,698 mm;
- 3) Außendurchmesser der Kernlamellen 16: 38,1 mm;
- 4) Innendurchmesser der Zylinder/Magnetanordnung mit dem Kern 32 in der nicht-gespannten Position: 37,998 mm;
- 5) Kern 32 vor Abführung der Zylinder/Magnetanordnung zur endgültigen Platzierung auf den Kernlamellen 16: 38,127 mm;
- 6) der Innendurchmesser der Zylinder/Magnetanordnung geht zurück auf den Außendurchmesser

der Kernlamellen, wenn die Zylinder/Magnetanordnung den Kern verläßt.

Die Dimensionierung des Zylinders 13 von 50,6984 mm entspricht der Gesamtverformung um 0,1 mm, was innerhalb der Elastizitätsgrenze von rostfreiem Stahl liegt, so daß der Zylinder die Magnetanordnung mit einer Kraft umgreift, deren Betrag hoch genug ist, um Zentrifugalkräften bei der Maximaldrehzahl zu widerstehen, die der Motor im Betrieb annimmt.

In der Praxis wird die Dicke des Zylinders 13 durch seine Fähigkeit festgelegt, die Zentrifugalkraft ohne Überschreitung der Spannungsgrenze oder der Elastizitätsgrenze des verwendeten rostfreien Stahls zu überschreiten.

In den Fig. 1 bis 6 bildet der Spreizkern eine Spreizeinrichtung, der Kern zusammen mit der Läuferwelle bildet Halteeinrichtungen für die Segmente und den äußeren Zylinder. Die Fig. 11 bis 14 zeigen eine andere bevorzugte Ausführungsform der Aufspreizeinrichtungen und der Halteeinrichtungen. In den Fig. 11 und 12 wird eine Anordnung 109 aus mehreren Magnetsegmenten 112 in einem äußeren Zylinder 113 vorgesehen, wie dies oben beschrieben wurde. Die Anordnung 109 wird in einer Halteeinrichtung montiert, die bei diesem Beispiel von einem Spannstück 117 und einem stationären Träger 118 gebildet ist. Das Spannstück weist einen äußeren Hülseabschnitt 119 und einen inneren Endabschnitt 120 auf. Der Durchmesser des Hülseabschnittes 119 ist geringfügig größer als der End- oder Zusammenbaudurchmesser des Zylinders 113, so daß ein Spalt zwischen dem Zylinder 113 und dem Spannstück (außen) besteht. Der Endabschnitt 120 erstreckt sich bis in ein Ende des Zylinders 113 hinein und steht mit den Endflächen der Magnetsegmente 112 in Eingriff, so daß er ein Abstandsstück und einen Anschlag zum Halten der Segmente bildet. Beim Rotor, der nach dem Verfahren gemäß den Fig. 11 und 12 gebildet wird, ist kein Lamellenkern wie bei der Ausführungsform nach den Fig. 1 bis 6 vorgesehen. Anstelle dessen ist eine Läuferwelle 110 vorgesehen, die außerdem die Segmente 112 spreizt. Die Rotorwelle 110 umfaßt einen Abschnitt 122 mit geringerem Durchmesser, einen Abschnitt 123 mit größerem Durchmesser und einen sich verjüngenden mittleren Abschnitt 124. Der Abschnitt 122 mit geringerem Durchmesser ist so dimensioniert, daß er locker in die von den Segmenten 112 gebildete Mittelöffnung inserieren kann. Der Abschnitt 123 mit größerem Durchmesser ist so dimensioniert, daß er mit den Innenflächen der Segmente 113 in Eingriff gelangt und diese radial nach außen drückt. Der sich verjüngende Abschnitt 124 bildet in diesem Falle die Aufspreizeinrichtung und erleichtert das Hineinschlüpfen des Abschnitts 123 mit größerem Durchmesser in die Mittelöffnung. Der Abschnitt 123 mit größerem Durchmesser weist einen Radius auf, der um einen Betrag 126 größer ist als der Radius des Wellenabschnittes 122. Der Durchmesser des dickeren Abschnittes 123 ist so dimensioniert, daß er die Segmente 112 und den Zylinder 113 in ihrem aufgeweiteten oder endgültigen Zusammenbauzustand hält, wie dies oben beschrieben ist, um eine Restspannung im Zylinder hervorzurufen, welche die Segmente in enger Beziehung im zusammengebauten Zustand mit der Welle hält. Die Welle 123 wiederum bildet einen bleibenden Teil der Anordnung und einen Halter für die Segmente und den Zylinder. Der Endabschnitt 127 kann einen geringeren Durchmesser haben, der im wesentlichen gleich dem des Abschnittes 122 ist, so daß Lager mit

gleicher Dimensionierung an beiden Enden der Welle 110 montierbar sind.

Das Verfahren und die Vorrichtung gemäß den Fig. 11 und 12 wird vorzugsweise mit Magnetsegmenten verwendet, die relativ dicke radiale Abmessungen aufweisen. Nachdem keramisches Magnetmaterial relativ brüchig ist, werden dicke Magneten bevorzugt, so daß diese unter der Spannung nicht brechen, wenn der sich verjüngende Abschnitt 124 durch die Segmente hindurchgedrückt wird.

Das Verfahren nach den Fig. 13 und 14 ist etwas ähnlich dem nach den Fig. 11 und 12 mit Ausnahme der Tatsache, daß ein Lamellenkern vorgesehen ist. Eine Anordnung 209 aus Magnetsegmenten 212 und ein äußerer Zylinder 213 werden auf einem Spannstück montiert, das ähnlich dem Spannstück 117 nach den Fig. 11 und 12 ist. Hier sei auch angemerkt, daß beim Verfahren nach den Fig. 1 bis 10 ebenfalls ein solches Spannstück verwendbar ist, anstelle des Druckrings 21. Ein Lamellenkern 211 wird eng auf einer Welle 210 mit geradem Durchmesser (zylindrische Welle) befestigt. Ein sich verjüngender Ring 221, der die Aufweitungseinrichtungen bildet, wird auf der Welle 210 vor dem Kern 211 positioniert. Der Ring 221 weist ein vorderes dünnes Ende 222 mit geringerem Durchmesser und ein hinteres dickeres Ende 223 mit größerem Durchmesser auf. Das Ende 222 ist so dimensioniert, daß es leicht in die Mittellochöffnung der Magnetsegmente 212 eintreten kann. Das hintere dicke Ende 223 weitet die Segmente auf und hat im wesentlichen denselben Durchmesser wie der Kern 211.

Nachdem die Anordnung 209 auf dem Spannstück 217 positioniert und der Kern 211 sowie der Ring 221 auf der Welle montiert sind, werden der Ring 221 und der Kern 211 durch die Magnetsegmente hindurchgezwängt. Die Segmente und der äußere Zylinder 213 werden durch den Ring 221 aufgeweitet und bis zur endgültigen Montagedimension gestreckt. Der Ring wird ganz durch die Segmente hindurchgepreßt, wie in Fig. 14 gezeigt, und dann von der Welle 210 entfernt. Der Kern 211 und die Welle 210 bilden dann die Halteinrichtung. Das Verfahren nach den Fig. 13 und 14 wird vorzugsweise mit relativ dicken oder starken Magnetsegmenten verwendet, so daß die Segmente nicht brechen, wenn der Ring 221 durch die Segmente gepreßt wird.

Aus obigem ergibt sich, daß mit der Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Permanentmagnetläufern für drehende elektrische Maschinen (Elektromotoren) vorgestellt wird. Die Permanentmagnetsegmente werden zunächst mit einem äußeren Zylinder zusammengebaut und dann gegen den äußeren Zylinder auseinander gespreizt, so daß Dickenschwankungen der Magnetsegmente auf den Zylinder übertragen werden. Dieses Verfahren ist wesentlich effektiver und weniger komplex als der Versuch, einen sehr dünnen Zylinder über die Magnete zu ziehen, nachdem die Magnete auf einer Welle oder einem Kern montiert wurden. Der äußere Metallzylinder hält die Permanentmagnetsegmente gegen eine radiale Bewegung nach außen aufgrund von Zentrifugalkräften sowie gegen eine axiale Bewegung ortsfest.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Permanentmagnetläufers für einen Elektromotor, wobei der Läufer einen im wesentlichen zylindrischen Läuferkern,

eine Vielzahl von bogenförmigen Permanentmagnetsegmenten und einen dünnwandigen Metallzylinder umfaßt, die Innenflächen der Segmente im wesentlichen der Außenfläche des Läuferkerns und die Außenflächen der Segmente im wesentlichen der Innenfläche des Zylinders entsprechen, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- a) die Segmente werden im Inneren des Zylinders in im wesentlichen gleichförmigen, winkelbeabstandeten Positionen positioniert, um eine kreisförmige Innenöffnung zu bilden;
- b) eine Aufspreizeinrichtung wird in die Innenöffnung eingeführt;
- c) die Aufspreizeinrichtung wird aufgespreizt, so daß die Segmente nach außen gedrückt werden und den Zylinder spannen, um den Durchmesser des Zylinders elastisch zu vergrößern, wobei die Aufspreizeinrichtung bis zu einem Durchmesser aufgeweitet wird, der mindestens dem Durchmesser des Läuferkerns entspricht;
- d) die Aufspreizeinrichtung wird aus der Innenöffnung der Segmente entfernt, wobei gleichzeitig der Läuferkern in die Innenöffnung eingeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufspreizeinrichtung einen Spreizkern umfaßt, der nach außen bewegt wird, um die Segmente zu verschieben.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufspreizeinrichtung einen sich verjüngenden Abschnitt einer Welle umfaßt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Läuferkern einen Abschnitt der Welle mit stetigem Durchmesser umfaßt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufspreizeinrichtung einen sich verjüngenden Ring umfaßt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Läuferkern den Ring verschiebt.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Läuferkern eine Vielzahl von radialen Vorsprüngen an seiner Außenumfangsfläche aufweist, und daß die Vorsprünge zwischen den Segmenten positioniert werden, wenn der Läuferkern in die Innenöffnung eingeschoben wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nicht-magnetische Abstandshalter zwischen aneinander grenzende Magnetsegmente eingeführt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in die Außenfläche des Läuferkerns eine sich axial erstreckende Keilnut eingeformt wird, und daß eines der Abstandselemente in der Keilnut positioniert wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Endkappen an den Enden des Kerns positioniert werden, und daß Endabschnitte des Zylinders radial nach innen gebogen werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß Endabschnitte des Zylinders radial nach innen gebogen werden.
12. Vorrichtung zur Herstellung eines Permanentmagnetläufers, wobei der Läufer einen Läuferkern (11, 123, 211), eine Vielzahl von bogenförmigen Magnetsegmenten (12, 112, 212) und einen dünnen äußeren Zylinder (13, 113, 213) umfaßt, die Seg-

mente (12, 112, 212) in winkelbeabstandeten Positionen im Zylinder (13, 113, 213) sitzen und der Zylinder eine Restspannung aufweist und die Segmente radial nach innen spannt, gekennzeichnet durch eine Aufspreizeinrichtung (28, 32; 122, 124; 221) zum Verschieben der Segmente (12, 112, 212) radial nach außen um einen Betrag, der den Zylinder (13, 113, 213) elastisch dehnt aber nicht plastisch verformt, um so eine Restspannung zu erzeugen, wobei der Läuferkern (11, 123, 211) die Segmente (12, 112, 212) in ihrer radial nach außen verschobenen Position hält.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufspreizeinrichtung einen Spreizkern (32) umfaßt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufspreizeinrichtung einen sich verjüngenden Abschnitt (124) einer Welle (110) und der Läuferkern einen Abschnitt (123) stetigen Durchmessers der Welle (110) umfassen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufspreizeinrichtung einen sich verjüngenden Ring (221) und der Läuferkern einen Abschnitt (123) stetigen Durchmessers einer Welle (210) umfassen.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG-1-

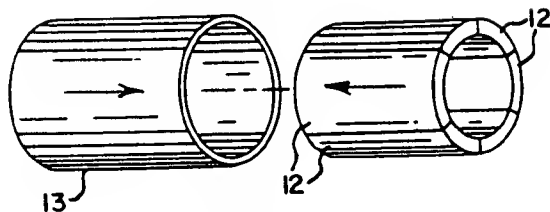


FIG-7-

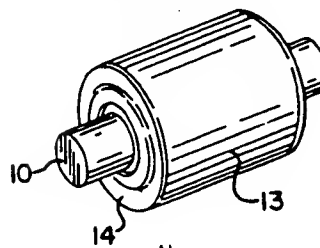


FIG-2-

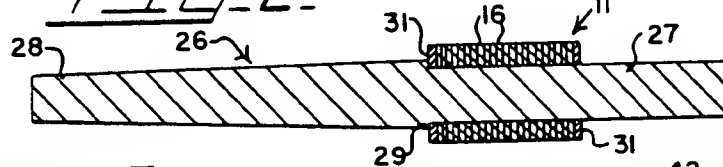


FIG-3-

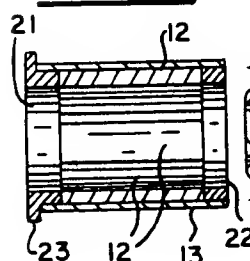


FIG-10-

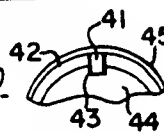
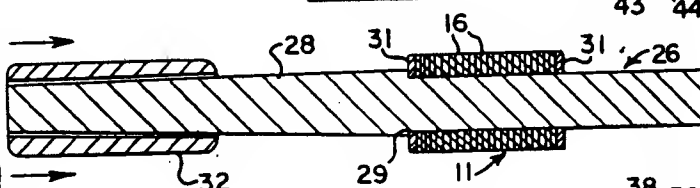


FIG-4-

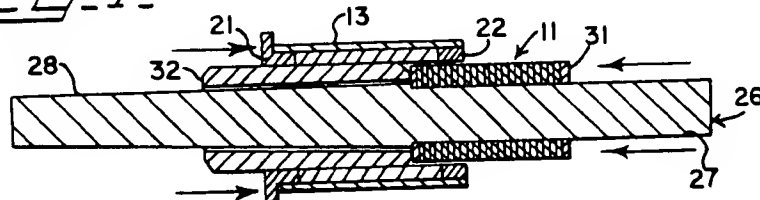


FIG-9-

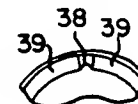


FIG-5-

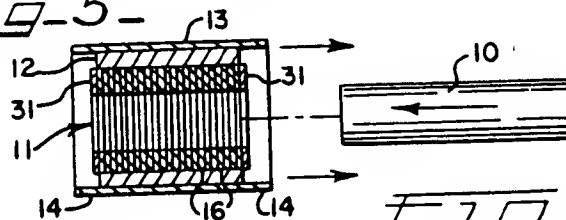


FIG-8-

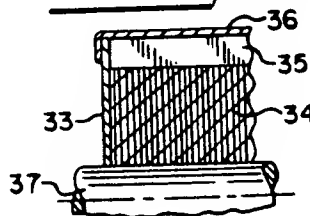


FIG-6-

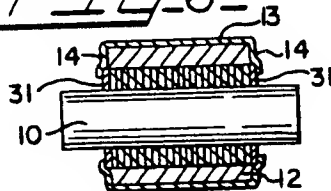


FIG-11-

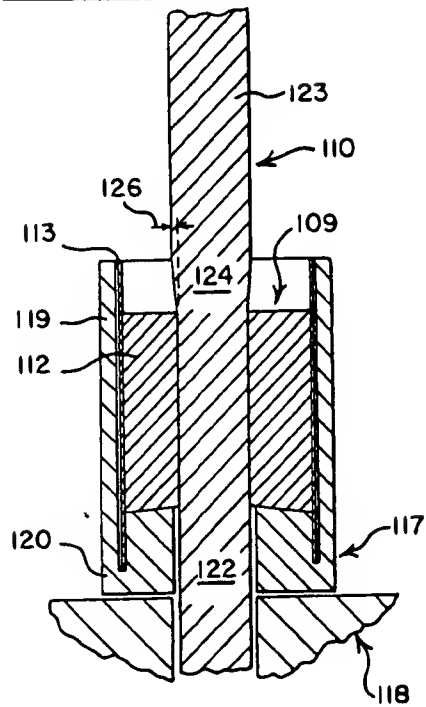


FIG-13-

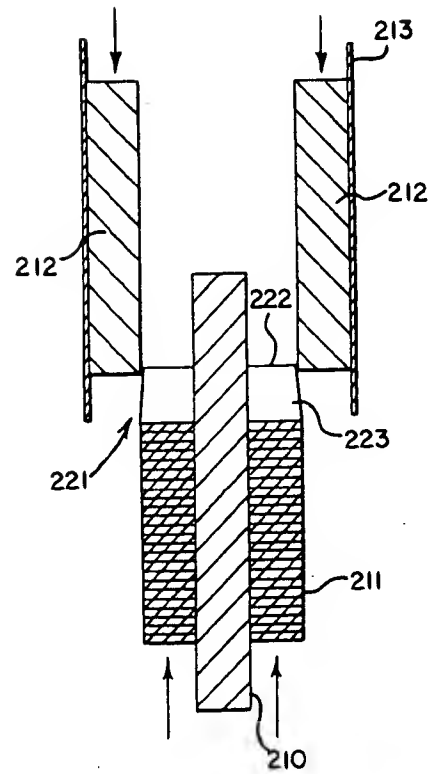


FIG-12-

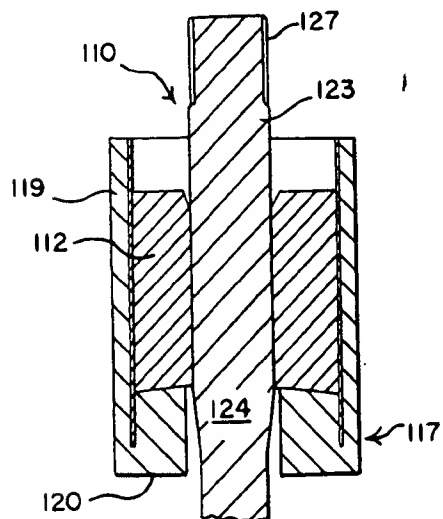


FIG-14-

